

2. Математическая модель электромагнитных процессов в вентильном двигателе / А.М.Русаков, А.Н.Соломин, Н.А.Окунеева, И.В.Шатова // Вестник Московского энергетического института. – 2007. – №3. – С.33-40.

Получено 12.11.2011

УДК 621.337 : 621.354

В.Х.ДАЛЕКА, д-р техн. наук, О.В.НЕТЕЦЬКИЙ, О.С.ГОРДИЄНКО

Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОМІСТКОСТІ ВИТРАТ НА ДИСТИЛЬОВАНУ ВОДУ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Запропоновано методику розрахунку питомих витрат на дистильовану воду для акумуляторів. Вона може бути використана як для обґрунтування економічної доцільності модернізації систем низьковольтного електроживлення рухомого складу, так і розрахунку параметрів перетворювачів електроенергії, реле-регуляторів.

Предложена методика расчета удельных расходов на дистиллированную воду для аккумуляторов. Она может быть использована как для обоснования экономической целесообразности модернизации систем низковольтного электропитания подвижного состава, так и расчета параметров преобразователей электроэнергии, реле-регуляторов.

In a paper the method of specific charges calculation on the distilled water for accumulators is offered. It can be used both for the modernization financial viability ground of electric transport low-voltage power supply systems and for transformers parameters calculation of electric power, relays-regulators.

Ключові слова: акумулятор, дистильована вода, енергомисткість, електроліз, рівень електроліту, ресурсозберігаючі технології.

Проблемі ресурсозбереження, особливо енергозбереження в останні роки приділяється велика увага на державному рівні [1], де енергозбереження визначене пріоритетним напрямком соціально-економічного розвитку України. Оскільки міський електричний транспорт споживає близько 20% електроенергії від усіх витрат в житлово-комунальному господарстві, тому розробка ресурсозберігаючих технологій, науково-обґрунтованих норм споживання і запасів оборотних засобів є актуальною задачею для підприємств транспорту. Питанням раціонального споживання електроенергії на рух трамваїв та тролейбусів присвячено ряд досліджень [2, 3], але ще недостатньо приділяється уваги до режимів роботи низьковольтних систем живлення рухомого складу.

Тому метою даної статті є визначення енергомисткості витрат на дистильовану воду для акумуляторів, як складової витрат на обслуговування рухомого складу.

На рухомому складі міського електричного транспорту схеми низьковольтного електроживлення побудовані на принципі буферної роботи

нікель-кадмієвих акумуляторних батарей із зарядним агрегатом. Такий режим не виключає значного перезаряду акумуляторів і, у свою чергу, призводить до неефективних витрат ресурсів [4].

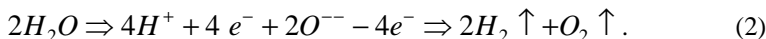
Під час заряду в акумуляторі відбуваються два процеси: основний електрохімічний процес заряду і побічний (електроліз води електроліту з газовиділенням, нагрівання за рахунок внутрішнього опору).

Зарядну ємність акумулятора можна поділити на дві складові [5]:

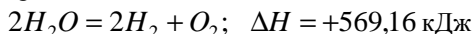
$$Q_3 = Q_a + Q_k = \int_0^t I_a dt + \int_0^t I_k dt, \quad (1)$$

де Q_3 – кількість електрики, що надана акумулятору при заряді; Q_a – акумуляована ємність; Q_k – кількість електрики, що витрачена на газовиділення та внутрішньому опорі; I_a – струм для акумуляування енергії; I_k – струм компенсації витрат електроенергії.

Процес електролізу води можна описати формулою [6]



З термохімічного рівняння під час ендотермічної реакції електролізу води в акумуляторах



визначається кількість теплоти, що поглинається при електролізі води масою 1 кг. З урахуванням співвідношень

$$1 \text{ кал} = 4,182 \text{ Дж (4,182 кВт·с)}, \quad 1 \text{ кВт·год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

вона становить $Q_{el} = 15868,18 \text{ кДж}$.

Витрати енергії на нагрівання 1 кг води з температурою $+25^\circ\text{C}$ до температури кипіння ($+100^\circ\text{C}$) за стандартних умов (тиск 101325 Па або 1 атм і температури 298,15 К або 25°C) складають

$$Q_{нагр} = C_{H_2O} m (T_k - T_n) = 1 \cdot 1000 \cdot (100 - 25) \cdot 4,182 = 313,65 \text{ кДж},$$

де C_{H_2O} – питома теплоємність води, кал/г· $^\circ\text{C}$; m – маса, г; T_k, T_n – відповідно кінцева і початкова температури, $^\circ\text{C}$.

Витрати теплоти на випаровування 1 кг води за атмосферних умов становлять

$$Q_{вип} = 2254,10 \text{ кДж}.$$

Враховуючи, що сумарні витрати енергії при фазоперетворенні 1 кг води в акумуляторах

$$W_\Sigma = Q_\Sigma = Q_{el} + Q_{нагр} + Q_{вип}, \quad (3)$$

знаходимо їх числове значення в кВт:

$$W_{\Sigma} = 18435,93 / 3600 = 5,12 \text{ кВт.}$$

Частка витрат енергії на електроліз води в акумуляторах від загальної величини витрат складає

$$\gamma_{ел} = \frac{Q_{ел}}{Q_{\Sigma}} \cdot 100 = 86 \, \%.$$

Для остаточного визначення фактичного значення витрат затраченої електроенергії потрібно урахувати значення загального ККД, який залежить від елементів у системі передачі та перетворення енергії [7]. Якщо прийняти за точку відліку показники лічильника на вході тягової підстанції, то маємо такі елементи перетворювання енергії:

- трансформація напруги 10 кВ/0,6 кВ;
- випрямлення струму;
- передача по контактній мережі до апаратів та машин рухомого складу;
- перетворення електричної енергії у механічну енергію;
- перетворення механічної енергії в електричну для бортової системи живлення;
- витрати енергії в акумуляторах при їх заряді.

Значення загального ККД перетворення енергії дорівнює добутку ККД зазначених елементів:

$$\eta_z = \eta_{тр} \cdot \eta_{вип} \cdot \eta_{к.м} \cdot \eta_{е-м} \cdot \eta_{м-е} \cdot \eta_{з.АБ}. \quad (4)$$

Якщо для спрощення розрахунків прийняти значення ККД усіх елементів перетворювання рівними 0,9, тоді загальний ККД дорівнює

$$\eta_{\Sigma} = \eta^6 = 0,9^6 = 0,48.$$

Таким чином, витрати електроенергії на електроліз 1 кг води в акумуляторах складають

$$W_{ел} = \frac{0,86 \cdot 5,12}{0,48} = 9,2 \text{ кВт/год.}$$

Крім витрат безпосередньо на рухомому складі, для відновлення рівня електроліту в акумуляторах при технічному обслуговуванні використовують дистильовану воду, оскільки під час заряду рівень електроліту зменшується, а його густина збільшується.

Значення ККД апаратів для випаровування води, що використовуються в депо для її дистиляції, складає близько 0,6. З раніш наданого співвідношення питомої ваги витрат енергії, на дистиляцію витрачається

$$W_{дист} = \frac{0,14 \cdot 5,12}{0,6} = 1,2 \text{ кВт/год.}$$

Загальні витрати енергії на електроліз 1 кг води в акумуляторах рухомого складу становлять

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{ел}} + W_{\text{дис}} = 9,2 + 1,2 = 10,4 \text{ кВт/год.}$$

Використовуючи статистичні дані річних витрат дистильованої води на поповнення акумуляторів в депо та відомий тариф за електроенергію, можна визначити витрати в грошовому еквіваленті

$$H_E = P_E \cdot t_E, \quad (5)$$

де H_E – витрати на електроенергію, грн.; P_E – витрати електроенергії, кВт-год.; t_E – тариф за електроенергію, грн./кВт-год.

Так само визначаються витрати на воду для дистиляції в дистиляторах і їх охолодження, а саме

$$H_B = P_B \cdot t_B, \quad (6)$$

де H_B – витрати на воду, грн.; P_B – витрати води, м³; t_B – тарифна плата за воду, грн./м³.

Тому сумарні витрати будуть

$$H_{\Sigma} = H_E + H_B. \quad (7)$$

Висновки

1. Наведені методика і розрахунки показують, що витрати при експлуатації акумуляторних батарей рухомого складу залежать від режимів їх заряду. Тому необхідно забезпечити режим роботи систем низьковольтного електроживлення з мінімальною імовірністю перезаряду.

2. Дані можуть бути основою для розробки технічних вимог до систем низьковольтного живлення рухомого складу міського електричного транспорту.

1. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.: Відпов. ред. Шидловський А.К. – К.: УЕЗ, 1998. – 512 с.

2. Будниченко В.Б. Критерии оценки потерь электроэнергии в конструкции подвижного состава // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23 – К.: Техніка, 2000. – С.193-197.

3. Далека В.Ф. Управление перевозочным процессом на городском электротранспорте и задачи ресурсосбережения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. – К.: Техніка, 2000. – С.214-217.

4. Крутий Л.М., Сорока К.А., Нетецкий А.В. Оптимальный электрический баланс аккумуляторной батареи при работе с генератором выпрямленного тока // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. – К.: Техніка, 2000. – С.183-186.

5. Вайлов А.М., Эйгель Ф.И. Автоматизация контроля и обслуживания аккумуляторных батарей. – М.: Связь, 1975. – 152 с.

6. Романов В.В., Хоцев Ю.М. Химические источники тока. – М.: Сов. радио, 1978. – 264 с.

7. Організаційно-функціональні аспекти економіки і менеджменту / За ред. П.П. Левковця. – К.: УТУ, ІЕБТ, 2000. – 397 с.

Отримано 11.11.2011